



IEA-IMPLEMENTING AGREEMENT „ASSESSING THE IMPACT OF HIGH TEMP. SUPERCONDUCTIVITY ON THE ELECTRIC POWER SECTOR (EXCO MEMBER)

Jahresbericht 2006

Autor und Koautoren	René Flükiger
beauftragte Institution	Université de Genève, Dépt. Phys. Matière Condensée (DPMC)
Adresse	24, quai Ernest Ansermet, 1211 Genève 4
Telefon, E-mail, Internetadresse	Tel. 022 379 6240; rene.flukiger@physics.unige.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	39929 / 79747
BFE Projektleiter	Roland Brüniger
Dauer des Projekts (von – bis)	1.1.2006 – 31.12.2008
Datum	28. November 2006

ZUSAMMENFASSUNG

Das hier beschriebene Projekt verfolgt das Ziel, eine möglichst umfassende Information über die wichtigsten nationalen und internationalen Aktivitäten auf dem Gebiet der Hoch- T_c – Supraleitung zu geben. Das Hauptinteresse ist auf die Entwicklungen auf dem Energiesektor konzentriert. Dabei sind einmal die Entwicklungen von Supraleitermaterialien von Interesse, aber vor allem auch deren Einsatz in einer Serie von industriellen Anlagen (Kabel, Motoren, Strombegrenzer, VAR,.....), unter Berücksichtigung der anfallenden Kühlprobleme.

Im Jahre 2006 wurden zwei Informationstreffen im Rahmen des IEA – Projektes durchgeführt. Das erste Treffen fand im Mai in Genf (CH) statt und war dem Thema der rotierenden Maschinen gewidmet. Das Treffen wurde von der Universität Genf organisiert, die vor allem ein Interesse an den Materialproblemen hat. Dabei ist dieses nicht nur auf die Hoch- T_c -Supraleiter konzentriert, sondern umfasst auch Low- T_c – Materialien, vor allem Nb₃Sn (letzteres wird bei Fusionsprojekten wie ITER zum Einsatz kommen). Neu bei diesem Meeting war die Konzentration auf ein bestimmtes Gebiet (Fusionsmagnete). Dies war ein Erfolg, was sich auf die Anzahl der Beiträge, aber auch auf die Anzahl der Teilnehmer positiv auswirkte.

Das zweite Informationstreffen fand im Oktober in Montreal (Kanada) statt. Dabei wurden wieder (wie 2005) Rotationsmaschinen (Motoren) diskutiert, die auf ein zunehmendes Interesse stossen. Es gilt nun als ausgemacht, dass die Zukunftshoffnungen auf den Supraleitern der sog. „Zweiten Generation“ (Coated Conductors) ruhen, die auch 2006 wieder grosse Fortschritte gemacht haben. Bereits wurden 480 m RE-123 – Band an einem Stück hergestellt, mit Stromdichten von 200 A für 10mm breite Bänder. Der Rekordwert von 720 A (3 Mal so hoch wie 2005) weist auf ein grosses Entwicklungspotential hin, das noch in diesen Leitern liegt. Ein weiteres Anwachsen der Längen wird 2007 erwartet, und es gilt als sicher, dass dann schon die ersten Kilometerlängen verfügbar sein werden.

Das wachsende Interesse an Coated Conductors kann daran ersehen werden, dass von weltweit 10 Kabelprojekten von über 100 m Länge zwar alle auf der Basis von Bi-2223 (First Generation) beruhen, aber dass bei den meisten davon bereits Längen von ca. 30 m mit Coated Conductors vorgesehen sind.

PROJEKTZIELE

Die Projektziele beinhalten eine umfassende Information über die neusten Fortschritte und Anwendungen auf dem Gebiet der **Hoch-T_c-Supraleitung (HTSL) im Energiebereich**. Dazu zählen supraleitende Kabel, Transformatoren, Strombegrenzer, Generatoren, Motoren und Schwungräder sowie magnetische Energiespeicher (SMES). Der Zugang zu dieser Dokumentation wird durch die Teilnahme der Schweiz an einem Programm sichergestellt, das unter der Leitung der International Energy Agency (IEA) steht: *"Implementing Agreement for a Cooperative Programme for Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector"*.

Die Projektziele umfassen den Informationsaustausch über die bisher erreichten Fortschritte, über den gegenwärtigen technischen Stand und den zukünftig vorgesehenen Arbeiten. Das Programm ermöglicht den Mitgliedstaaten, gegenseitig technische Berichte auszutauschen und Laboratorien und Testeinrichtungen sowie industrielle Unternehmen zu besuchen. Nach der Aufnahme Kanadas als neues Mitglied sind es nun 12 Mitgliedstaaten. Frankreich steht kurz vor der Aufnahme. Ein besonderer Schwerpunkt dieser umfassenden Orientierung im IEA-Agreement ist das periodische Erscheinen von detaillierten, technisch hochstehenden Berichten, die ausser der Durchführbarkeit von neuen supraleitenden Lösungen auch Aspekte wie Umwelt und Sicherheit, aber auch die Durchdringung des Marktes durch HTSL-Produkte untersucht. Zusätzlich wird die **Anwendbarkeit** der hier entwickelten Konzepte auf den Schweizer Markt untersucht.

In diesem Jahr fanden zwei IEA-Informationstreffen statt, in Genf (Schweiz) und in Montreal (Kanada). Die Ergebnisse dieser zwei Treffen wurden am 22. November am Status-Seminar **"HTSL in der Energietechnik"** in Bern vorgestellt.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

ExCo Implementing Agreement: Fortführung des Agreements

Das Jahr 2006 ist das erste Jahr nach dem Entschluss der IEA, das Projekt mit der neuen Version des Annex I ab dem 20.10.2005 weiterzuführen. Ich möchte mich an dieser Stelle für die tatkräftige Unterstützung seitens der Schweizer Mitglieder bedanken. Die Fortführung des Agreements wurde für 3 (5) Jahre beschlossen. Prof. Guy Deutscher als Chairman und Prof. René Flükiger als Chairman des Executive Committees (ExCo) des Implementing Agreements wurden wie bisher auch für nächstes Jahr bestätigt.

Während des ersten Treffens in Genf wurde ein spezielles allgemeines Thema gewählt, das nicht vom Operating Agent vorbereitet wurde: eine Reihe von Vorträgen beschäftigten sich mit dem Thema **Fusionsmagnete**.

ExCo Implementing Agreement: Mitglieder

Im September 2005 wurde auch die Fortführung der Teilnahme von Deutschland bestätigt, repräsentiert durch die Firma Siemens Corporate Technology (Dr. Neumüller) und des Forschungszentrums Karlsruhe (Prof. P. Komarek). Kanada ist als neues Mitglied aufgenommen worden und hat als Einführung gleich das ExCo Meeting im Oktober 2006 organisiert. Das ExCo besteht nun aus folgenden 12 Mitgliedern: USA, Japan, Deutschland, England, Norwegen, Schweden, Finnland, Kanada, Korea, Israel, Italien und der Schweiz. Frankreich steht kurz davor, als Mitglied aufgenommen zu werden. Leider musste das CERN trotz des Interesses seine Kandidatur zurückziehen, aus Gründen der Unvereinbarkeit mit bereits abgeschlossenen Verträgen.

Ein wichtiges, zusätzliches Argument für die Aktivität des ExCo ist das Ende von SCENET, das im Sommer 2006 mit der Sommerschule in Camerino seine Tätigkeit beendet hat. Jetzt wird die Funktion einer umfassenden Information des Standes der Supraleitung im Energiesektor durch das ExCo eine noch wichtigere Rolle einnehmen.

Tätigkeiten des ExCo

Das erste ExCo – Meeting fand in Genf statt und wurde von der Universität Genf organisiert. Ein Teil der Veranstaltung war dem Thema „Rotationsmaschinen“ gewidmet. Bei diesem Meeting haben wir uns auch mit einem weiteren Gebiet beschäftigt: Fusionsmagnete. Dieses ist sehr aktuell seit dem Beschluss, den Testreaktor ITER zu bauen. Die Idee dies aufzunehmen war ein Erfolg: dies äusserte sich in der Qualität und dem Informationsgehalt der Beiträge und trug auch dazu bei, dass eine recht hohe Anzahl von Teilnehmern anwesend war. Das Programm ist diesem Bericht beigelegt (Annex A).

Rotationsmaschinen:

Beim Vortrag von Alan Wolsky wurden die verschiedenen Ausrichtungen von Rotationsmaschinen vorgestellt:

- * Generatoren (Umwandlung von mechanischer Energie in elektrische Energie), in Stationen mit > 100 MW oder in abgelegenen Stationen, z.B. einige MW in Windturbinen-Türmen
- * Motoren (Umwandlung von elektrischer Energie in mechanische Energie), in grossen Klimaanlage oder Mühlen, mit geringen (120 rpm, 2 Hz) bis zu grossen Rotationsgeschwindigkeiten (400 Hzm). HTS – Einsatz erwartet in Pumpen, Kompressoren, Mühlen.
- * Synchronmaschinen, absorbieren oder emittieren „reactive power“. Liefern „out of phase“ – Strom. Kommen zur Anwendung in der Nähe von grossen Industrieanlagen. Beispiele: Chemie-Werke, Elektrobeschichtung, Erzförderung, Stahlwerke, Textilmaschinen.

Die Effizienz einer ganzen Reihe von Rotationsmaschinen, einschliesslich Schiffsmotoren, wurde anhand von konkreten Beispielen dargestellt. Ein Grund, HTS einzusetzen, könnte der Gewinn an Masse und Ausdehnung sein: im Vergleich zu einem klassischen Motor (z.B. 30 MW) ist ein supraleitender Motor nicht nur 3 Mal kleiner, er ist auch 3 Mal leichter! Gewisse Anwendungen zeichnen sich schon ab.

Dr. J. Cave vom IREQ (Kanada) hat das Programm am IREQ vorgestellt.

Dr. M. Husband von Rolls Royce (GB) hat Pläne in Richtung von Strombegrenzern vorgestellt.

Dr. W. Grieve von APC Power Conversion Ltd, (ex Alstom), UK hat einen Windturbinengenerator vorgestellt.

Fusionsmagnete:

* Prof. Komarek (ITP), Karlsruhe, hat die Beschlüsse von ITER bez. der Aufteilung der Aufträge bei ITER vorgestellt. Eine sehr komplexe Verteilung unter den 7 Zentren (USA, Japan, Russland, EU, Korea, China, Indien) regelt sowohl die Verteilung der supraleitenden Drähte wie diejenige der Tokamak-Spulen (9 in EU und 9 in Japan hergestellt). Die Tatsache, dass der ITER – Reaktor nach Cadarache geholt wurde, ist nicht unbedingt ein Vorteil für Europa, das die Mittel lieber für komplexe Technik verwendet hätte. Eine Aufstellung der ITER-Kosten ist in Annex B enthalten.

Zu bemerken ist, dass dies das letzte Meeting war, an dem Peter Komarek vor seiner Pensionierung (31.10.06) teilgenommen hat.

* Dr. A. Ichinose hat über die Fusionsentwicklungen in Japan informiert. Japan ist nicht nur an ITER interessiert, das ja keine Energie liefern wird, sondern nur die Machbarkeit zeigen soll, sondern an einem weiteren Reaktor (DEMO). Hier der Zeitplan, der aufschlussreich bezüglich der technischen Herausforderung ist:

- **ITER** (Operation will start in **2010s**) Demonstration of burning and reactor technology
- **DEMO** (in **2030s**) Demonstration of fusion power plant
- **Fusion power plant** (in **2050s**) Commercial power plant

* Dr. Pierluigi Bruzzone hat die Aktivitäten am CRPP vorgestellt, vor allem die neue Test Facility, die nun in Villigen gebaut wird. Der Einsatz einer neuen Anlage ergibt sich aus der Notwendigkeit, etwa 50 Fusionsleiter pro Jahr zu messen. Die neu zu bauende Dipole Test Facility wird zusätzlich zur bereits vorhandenen SULTAN – Anlage operieren, die nur ca. 15 Messungen pro Jahr erlaubt.

Dabei ist die Länge der zu messenden Fusionsleiter 1.2 Meter und das Messfeld im Dipol 12.5 Tesla. Die Kühlung erfolgt mittels „Forced Flow“.

Nach einem Vortrag über NMR – Hochfeldspulen wurde von Prof. O. Fischer (Uni Genf) das MANEP – Projekt als ein Musterbeispiel für die Mittelbeschaffung bei Universitäten dargestellt. Das Treffen wurde beendet mit einem Besuch der LHC – Anlage am CERN, wo besonders die Atlas – Spule Beachtung fand. Ich möchte hier ergänzen, dass diese Spule unterdessen erfolgreich in Betrieb gegangen ist.

Das zweite ExCo – Meeting fand in Montreal statt.

Prof. G. Deutscher besprach den IEA – Bericht über Klimaerwärmung. Hier ist von besonderer Wichtigkeit, dass nach dem G8 – Treffen in Moskau der Schlussbericht die Rolle der Supraleitung zum ersten Male in einem separaten Punkt (#39) erwähnte.

Prof. O. Tsukamoto stellte die “Road Map” für die HTS – Entwicklung in Japan vor.

Mrs. Debbie Haught vom DOE besprach die Zukunftsaussichten von HTS beim DOE.

Dr. J. Cave stellte die Aktivitäten am IREQ bez. Rotationsmaschinen vor und Dr. I. Kamwa sprach über die Hauptaktivität am IRQ, nämlich der Optimierung von Netzwerken.

Prof. René Flükiger hat einen umfassenden Überblick über die aktuellsten Supraleitermaterialien gegeben. Insbesondere wurden die letzten Fortschritte auf dem Gebiete der Coated Conductors aufgezeigt. Ein besonderes Kapitel wurde einem LTS – Supraleiter gewidmet, der in ITER Anwendung finden wird: Nb₃Sn.

Es fanden Vorträge über Robotics und Simulation sowie Finite Element Calculations statt.

Dr. A. Wolsky und J. Cave beendeten das Meeting mit einem umfassenden Vortrag über Rotationsmaschinen und ihren zukünftigen Entwicklungen.

Ein Besuch der hydroelektrischen Anlage in Beauharnois Hydroelectric beendete das Treffen. Zu bemerken ist, dass Quebec 95% seiner elektrischen Energie aus der Wasserkraft bezieht.

Das nächste ExCo – Treffen wird in Israel stattfinden, sofern es die politischen Umstände gestatten: 16./18.4. 2007.

Nationale Zusammenarbeit

In der Schweiz ist seit einigen Jahren eine aktive Beteiligung an HTS-Projekten im Hinblick auf Energieanwendungen nur bei ABB im Gange, und zwar auf dem Gebiet der Strombegrenzer. Die Arbeiten werden durchgeführt in enger Zusammenarbeit mit der Universität Genf, im Rahmen des MANEP-Projekts. Eine weitere Firma arbeitet auf dem Gebiet der Supraleitung, aber nur für den Einsatz bei tiefen Temperaturen (4.2K: *Bruker BioSpin* (Hochfeldmagnete für NMR). Hinzu kommt noch die Firma IBM in Rüschlikon, die vor allem Entwicklungen von elektronischen “devices” verfolgt. Alle diese Firmen haben Zusammenarbeitsprogramme auf dem Gebiete der Supraleitung mit den schweizerischen Hochschulen, mit dem Paul Scherrer Institut, der ETH Zürich, der EPF Lausanne (CRPP) und der Universität Genf.

In Genf hat nach dem ersten 4-Jahreszyklus der zweite 4-Jahreszyklus des “*National Center of Competence in Research*“-Programms des schweizerischen Nationalfonds schon 2005 begonnen. Das Projekt “*Materials with Novel Electronic Properties*” (MANEP) umfasst jetzt insgesamt 19 Institute und 5 Industrien und befasst sich mit dem Studium der Grundlagen sowie der Entwicklung von Materialien. Davon befassen sich 8 theoretisch oder experimentell mit HTSL-Supraleitern. Innerhalb von MANEP sind zwei Gruppen an der Universität Genf mit Entwicklungen auf dem Magnet- und dem Energiesektor tätig.

* Prof. Ø. Fischer arbeitet an Strombegrenzern (mit ABB) in Zusammenarbeit mit Prof. M. Hasler und Dr. Dutoit (EPFL Lausanne).

* Prof. R. Flükiger (Universität Genf) arbeitet an der Charakterisierung von HTS- und LTS-Supraleitern bei Feldern bis 21 T. Es läuft ein Vertrag mit CERN im Hinblick auf 15 T– Dipole, die nach LHC in Einsatz kommen werden (Next European Dipole oder NED). Ein grösseres Projekt verfolgt das Ziel, Nb₃Sn-Leiter für Höchstfeld - NMR – Magnete bei Feldern von 22 T und mehr zu entwickeln.

Es wurde im Rahmen dieser Gruppe im DPMC/GAP ein Messgerät entwickelt, um den Einfluss der mechanischen Belastung auf die kritische Stromdichte von industriellen Drähten und Bändern bis zu 21 T zu messen. Die mechanische Belastung kann dabei auf zwei Arten aufgebracht werden:

* Einfluss der uniaxialen, longitudinalen Dehnung auf die kritische Stromdichte (Simulation der Lorentzkräfte): die Leiter sowohl LTS auch HTS – Leiter werden auf eine sog. Walters-Spirale aufgelötet und die Dehnung wird durch Torsion der Spirale angebracht. Diese Apparatur kann ungleich präziser als alle andern messen (0.01 μV/cm anstatt 1 μV/cm).

* Einfluss des transversalen Druckes auf die kritische Stromdichte (Simulation des Drucks, der von Nachbardrähten ausgeübt wird). Diese Apparatur wurde im 2006 entwickelt und hat gleich neue, interessante Resultate im Hinblick auf die Drähte für ITER geliefert: in Nb₃Sn-Drähten wurde ein wesent-

lich grösserer Effekt für die sog. „Internal Sn“ – Drähte gefunden, im Vergleich zu den „Bronze“ – Drähten. Dieses Resultat war unerwartet und hat zur Folge, dass neue Entwicklungen notwendig sind.

* Die nationale Zusammenarbeit wurde dank des MANEP-Projekts gestärkt. Weiter wurde die nationale Zusammenarbeit durch 2 KTI – Projekte gefördert (Universität Genf/EPFL/HES Genève), die soeben beendet wurden. Neue Projekte werden demnächst eingereicht.

Internationale Zusammenarbeit

Ausser dem hier zusammengefassten IEA-Programm bestehen weitere internationale Zusammenarbeiten. Eine internationale Zusammenarbeit ist im Rahmen des 6. EU-Rahmenprogrammes im Gange (Projekt STRP-505724-1 HIPERMAG), die bis September 2007 dauern wird. Dabei werden MgB_2 - Bänder und - Drähte entwickelt mit dem Ziel, Anwendungen bei 20 K zu entwickeln, allen voran für MRI-Spulen. Diesem Programm gehören nicht weniger als 13 Gruppen an, wobei erstmals auch ost-europäische Länder zum Einsatz kommen wie Polen und die Slowakei.

Als internationale Zusammenarbeit kann auch das Messprogramm an der Universität Genf gezählt werden, bei dem Drähte und Bänder aus den USA (Y-123: American Superconductors, Nb_3Sn : Oxford Instruments), Japan (Sumitomo, NIMS) und aus Deutschland (Y-123: EHTS, Y-123: Theva) verwendet werden.

Eine sehr wichtige internationale Zusammenarbeit ist im Rahmen des ITER – Programmes in Villigen im Gange, wo die Gruppe von Dr. P. Bruzzone mit der Charakterisierung von Fusionsleitern in der 12 T - SULTAN – Spule beschäftigt ist.

Wie oben erwähnt, entwickelt diese Gruppe gegenwärtig ein 12.5 Tesla Dipol, um die Fusionsleiter-Kabel für EFDA zu charakterisieren.

Das Programm des Superconducting European Network, SCENET II (GTC1-2001-43047) hat im Juli 2002 begonnen und ist im Sommer 2006 abgeschlossen worden. Somit wird dieses wirklich nützliche Instrument zur Zusammenführung von europäischen Wissenschaftlern 2006 nicht mehr vorhanden sein. Es ist zu hoffen, dass zu einem späteren Zeitpunkt ein ähnliches Projekt diese nützliche Tradition fortführt.

Bewertung 2005 und Ausblick 2006

Im Jahr 2006 ist die Forschungs-Aktivität auf dem Gebiet der Supraleitung in der Schweiz weitergeführt worden, vor allem auf dem Materialsektor. Mit dem MANEP - Programm sind sowohl experimentell wie auch theoretisch neue, positive Akzente gesetzt worden. Die internationale Untersuchungskommission hat das Programm wieder sehr positiv beurteilt und bescheinigte ein sehr gutes Niveau auf internationaler Ebene. Aufgrund dieses Berichts wurde nun dieses Programm bis Mitte 2009 verlängert.

ABB verfolgt gegenwärtig ein HTSL-Projekt (Strombegrenzer), als einzige nennenswerte Schweizer Aktivität im Energiebereich. Die Supraleitung hat technisch auf den verschiedensten Gebieten überzeugt, wird aber aus ökonomischen Gründen den Durchbruch auf dem Markt erst in einigen Jahren schaffen. Die jüngsten Fortschritte auf dem Gebiet der Coated Conductor – Bänder, vor allem was die Länge aber auch die Stromdichte betrifft, stimmen sehr optimistisch in Bezug auf die zukünftige Entwicklung.

Aufgrund des besseren Verhaltens in Gegenwart von Magnetfeldern kann aber nicht übersehen werden, dass langfristig eine Trendwende eintreten wird, von den Bi-2223 – Bändern zu den Leitern der 2. Generation (Y-123 oder RE-123 Coated Conductors). Gerade letzte Woche wurde von SuperPower in den USA eine Länge von 480 Metern mit einer Stromdichte von 195 A pro 10mm Bandbreite veröffentlicht, wobei die Geschwindigkeit etwa 100 m pro Stunde beträgt. Diese Firma hält auch den gegenwärtig höchsten Stromdichte-Wert von 721 A/cm, allerdings noch auf einer Länge von einigen cm. Es besteht kein Zweifel, dass 2007 schon die ersten Kilometerlängen verfügbar sein werden.

Ein guter Kontakt zur Weltspitze konnte dank den neuen, obgenannten Messapparaturen bei 21 T geschaffen werden. Da die mechanischen Eigenschaften bis zu 21 T nur hier gemessen werden können, erhalten wir die weltbesten Drähte zur Charakterisierung, was uns einen sehr guten Überblick und Qualitätsvergleich erlaubt.

Die Hauptziele in 2007 werden ausser der Charakterisierung von HTS – Bändern vor allem die Verbesserung der Stromdichte MgB_2 - und Nb_3Sn -Drähten sein. Es gilt die internationalen Beziehungen zu

vertiefen, um aktive Zusammenarbeiten zu ermöglichen, die im Endeffekt der schweizerischen Industrie zugute kommen werden. Die aktive Zusammenarbeit mit CERN bei der Entwicklung von supraleitenden Nb₃Sn - Drähten für Dipole Magnete im Bereich zwischen 12 und 18 T wurde durch einen 3-Jahresvertrag festgelegt.

Referenzen

- (1) D. Uglietti, B. Seeber, V. Abächerli, B. Carter and R. Flükiger
"Critical currents versus applied strain for industrial Y-123 coated conductors at various temperatures and magnetic fields up to 19 T"
Superconducting Science and Technology, 19(2006)1185
- (2) P. Lezza, C. Senatore, and R. Flükiger
"Improved critical current densities in B₄C doped MgB₂ based wires"
Supercond. Sci. Technol. 19 (2006) 1030-1033
- (3) D. Uglietti, M. Cantoni, A. Reginelli, V. Abächerli, Matthieu, Buffat, R. Flükiger
Composition and critical current in Nb₃Sn wires
Superconducting Science and Technology, 19(2006)869
- (4) D. Uglietti, B. Seebr, V. Abächerli, N.Banno, R. Flükiger,
*Critical current vs. Strain for LTS wires up to 21T"
IEEE Trans. Appl. Superconductivity, vol. **15** (2005) pp. 3652-3655

The following papers were presented at the ASC Conf. in Seattle (USA), Sept. 2006 and are accepted for publication:

- (5) V. Abächerli, F. Buta, D. Uglietti, C. Senatore, B. Seeber, R. Flükiger
"Investigation on the Effect of Ta Additions on J_c and n of (Nb,Ti)₃Sn Bronze Processed Multifilamentary Wires at High Magnetic Fields"
- (6) Carmine Senatore, Davide Uglietti, Vital Abächerli, Alain Junod, René Flükiger
"Specific heat, a method to determine the T_c distribution in industrial Nb₃Sn wires prepared by various techniques"
- (7) René Flükiger, Paola Lezza, Marco Cesaretti, Carmine Senatore, Roman Gladyshevski
"Simultaneous Addition of B₄C + SiC to MgB₂ wires and consequences for J_c and B_{irr} "
- (8) B. Seeber, A. Ferreira, V. Abächerli, T. Boutboul, L. Oberli, and R. Flükiger
"Transport Properties up to 1000 A of Nb₃Sn Wires Under Transverse Compressive Stress"

Annex A: Programm am ExCo –Treffen in Genf (Mai 2006)

IEA Executive Committee Meeting, 11./12.05 in Geneva

Location: Hôtel Chavannes de Bogis, Les Champs Blancs, CH-1279 Chavannes-de Bogis

Thursday, 11.05.	Subject	Speaker	
09h00 - 12h00	IEA : Official part	G. Deutscher	
12h00 - 13h15	<i>Lunch</i> (restricted to ExCo mem- bers)	A. Wolsky	
13h15 - 15h00		R. Flükiger	
15h00 - 15h30	Rotating machines at IREQ	Julian Cave	IREQ
15h30 - 16h00	Fault Current Limiter project	Mark Husband	Rolls-Royce Strategic Research Centre, UK
16h00 - 16h30	The Wind Turbine project	Derek William Grieve	APC Power Conversion Ltd, (ex Alsthom), UK
16h30 - 16h45	<i>Break</i>		
16h45 - 17h00	Fusion actuality Situation in Europe	P. Komarek	Forschungszentrum Karlsruhe
17h00 - 17h30	Situation in Japan	A. Ichinose	CRIEPI, Japan
17h30 - 18h00	Situation in Korea	O.B. Hyun	Korea Electric Power Research Institute (KEPRI)
18h00 - 18h30	Fusion Test Facility at PSI (CH)	P. Bruzzone	Paul Scherrer Institute, Villigen (CH)
19h30	Dinner		
Friday, 12.05			
09h00 - 09h30	Superconductivity in Switzerland Industrial NMR magnets at Bruker	P.A. Bovier	Bruker BioSpin, Fällanden (CH)
09h30 - 10h00	Superconductivity in Gene- va: MANEP	O. Fischer	Dept. Cond. Matter Physics/MANEP, Geneva
10h00 - 10h45	<i>Transfer to Physics Institute, Coffee</i>		
10h45 - 12h00	Laboratory visits	O.Fischer/R. Flükiger	University of Geneva
12h00 - 13h30	<i>Lunch</i>		
13h30 - 14h00	<i>Transfer to CERN</i>		
14h00 - 14h30	High field dipoles after LHC	L. Rossi	Group AT-MAS, CERN Geneva
14h30 - 16h30	Visit of CERN	L. Rossi	Group AT-MAS, CERN Geneva

Annex B:

EFDA EUROPEAN FUSION DEVELOPMENT AGREEMENT

3

Cooling Water Systems	
Cryostat & Thermal	210 M€ - 4.9%
Shield	150 M€ - 3.5%
Cryoplant & Distribution	137 M€ - 3.2%
Fuel Cycle	174 M€ - 4.1%
Assembly & Remote Handling	290M€ - 6.8%
Diagnostic & CODAC	265 M€ - 6.2%
Heating System	329 M€ - 7.7%
Vacuum Vessel	338 M€ - 7.9%
Power Supplies & Distribution	307 M€ - 7.2%
Blanket & Divertor	357 M€ - 8.4%
Buildings	571 M€ - 13.4%
Magnet System	1131 M€ - 26.6%

ITER Direct Capital Value and Breakdown

~3021 IUA (ITER Unit of Account) estimated as ~ 4260 M€ at current value